

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-310942

(43) 公開日 平成4年(1992)11月2日

(51) Int. Cl.⁵

G 0 3 B 27/80

識別記号

庁内整理番号

8507-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平3-77818

(22) 出願日 平成3年(1991)4月10日

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 高橋 公治

神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写真

フイルム株式会社内

(72) 発明者 寺下 隆章

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

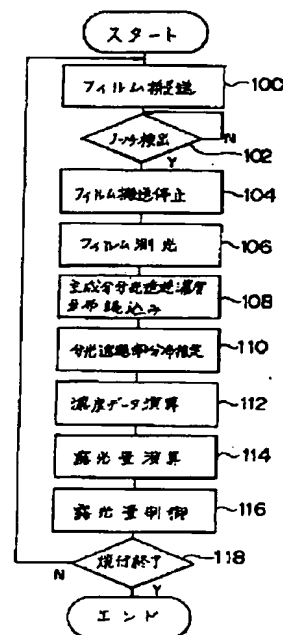
(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外2名)

(54) 【発明の名称】 フイルムの分光分布推定方法

(57) 【要約】

【目的】 少ない測光値によって分光透過濃度分布や分光透過率分布を推定する。

【構成】 分光透過濃度分布が3つの主成分分光透過濃度分布の線形和で表されると仮定する。フイルムを透過した光を3つの波長帯に分光して測光し(ステップ106)、3つの測光値と3つの主成分分光透過濃度分布とから分光透過濃度分布を3つの主成分分光透過濃度分布の線形和で表すための係数を求める。求めた係数と3つの主成分分光透過濃度分布から分光透過濃度分布を推定する(ステップ110)。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 多数サンプルフィルムの分光分布を分析して複数の主成分分光分布を予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なりかつ前記複数の主成分分光分布と同数以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記複数の主成分分光分布とに基づいて推定対象フィルムの分光分布を該複数の主成分分光分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記複数の主成分分光分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光分布を推定する、フィルムの分光分布推定方法。

【請求項2】 同一フィルム種類の多数サンプルフィルムの分光透過濃度分布を分析して3個の主成分分光透過濃度分布を予め求め、サンプルフィルムと同一フィルム種類の推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なる3個以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記3個の主成分分光透過濃度分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過濃度分布を該3個の主成分分光透過濃度分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記3個の主成分分光透過濃度分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過濃度分布を推定する、フィルムの分光分布推定方法。

【請求項3】 多数サンプルフィルムの分光透過濃度分布を分析して3個の主成分分光透過濃度分布をフィルムの種類毎に予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なる3個以上の波長または波長帯に分光して測定すると共に推定対象フィルムの種類を判別し、各波長または波長帯の測定値と判別された推定対象フィルムの種類に対応する前記3個の主成分分光透過濃度分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過濃度分布を該3個の主成分分光透過濃度分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて判別された推定対象フィルムの種類に対応する前記3個の主成分分光透過濃度分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過濃度分布を推定する、フィルムの分光分布推定方法。

【請求項4】 複数フィルム種類の多数サンプルフィルムの分光透過率分布を分析して4個以上の主成分分光透過率分布を予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なりかつ前記主成分分光透過率分布と同数以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記4個以上の主成分分光透過率分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過率分布を該4個以上の主成分分光透過率分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記4個以上の主成分分光透過率分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過率分布を推定する、フィルムの分光分布推定方法。

【請求項5】 複数フィルム種類の多数サンプルフィル

2

ムの分光透過濃度分布を分析して4個以上の主成分分光透過濃度分布を予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なりかつ前記主成分分光透過濃度分布と同数以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記4個以上の主成分分光透過濃度分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過濃度分布を該4個以上の主成分分光透過濃度分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記4個以上の主成分分光透過濃度分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過濃度分布を推定する、フィルムの分光分布推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はフィルム（ネガフィルムやポジフィルム）の分光分布推定方法に係り、特に主成分分光透過濃度分布や主成分分光透過率分布を用いてフィルムの分光分布（分光透過濃度分布、分光透過率分布、分光透過濃度分布等）を推定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、カラー原画から複写感材へカラー画像を再現するときの露光量は、色素フィルタや蒸着フィルタで構成された色分解フィルタを備えた測光装置を用いて赤（R）、緑（G）、青（B）光の積算透過濃度を測定し、R、G、B光各々について決定している。露光量を正確に決定するには、測光装置の分光感度分布と複写感材の分光感度分布とを正確に一致させる必要がある。この複写感材の分光感度分布は、感光度が最大になる波長に関して非対称になった複雑な分布になっている。そのため、色素フィルタや蒸着フィルタで作成するには多くのフィルタを組み合わせる必要があり、量産の上でまた精度の上で困難である。

【0003】 そこで、フォトレジスト露光装置においては、原画からの光をスペクトル光に分解し、分解光に重みを付けて加算する処理を行うことにより測光装置の分光感度分布を複写感材の分光感度分布に一致させることが知られている。特開昭58-88624号公報には、このフォトレジスト露光装置として回折格子、収斂光学系およびフォトディテクタを用いて上記の処理を行うことが開示されているが、これらの相互配置により分光感度特性が変化しないようにするため、複雑なメカニズムが必要になる。特開昭61-95525号公報には、上記回折格子に代えて多数個の干渉フィルタを配置したフォトレジスト露光装置が開示されている。しかしながら、分解光と同数の干渉フィルタが必要となるため、測光波長の数が多い場合には量産するのが困難である。

【0004】 また、カラー写真用プリンタにおいては、特開平1-134353号公報に、プリズム、回折格子またはスペクトルフィルタを用いて原画からの光をスペクトル分解し、光電センサのパネルへコピー原稿の一部をスリット状に結像することが開示されている。パネル

の行で異なる測光位置を表し、パネルの列は測光位置に応じてスペクトル光を電気信号に変換する。回折格子やスペクトルフィルタを用いる場合には上記と同様の問題があり、プリズムを使用する場合には、屈折によって分光しているため、投影光を平行にする必要があること、装置が大型化すること、光電センサの持つ分光感度分布のため、スペクトルを同一光量で同一パネルで測光することが困難であること等の欠点がある。また、行を列に分解するため光量の大幅なダウンが生じる欠点のため、スペクトル分解能を落して測光し、測光したスペクトル間を内挿(補間)して求めるようにしている。特開平1-142719号公報にもプリズムまたは回折格子とレンズと2次元アレイセンサとを用いることが記載されているが、プリズムや回折格子を用いているため上記と同*

$$D = \log \frac{\int_0^1 P(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda}{\int_0^1 P(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \rho(\lambda) d\lambda} \dots (1)$$

ここで、 $\int_0^1 P(\lambda) \cdot S(\lambda) d\lambda$ はフィルムに入射した光束、

$\int_0^1 P(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \rho(\lambda) d\lambda$ はフィルムを透過

した光束である。

従って、複写感材の分光感度分布 $S_s(\lambda)$ と等しい分光感度分布の測定装置で測光した濃度 D は上記(1)式の $S(\lambda)$ を複写感材の分光感度 $S_s(\lambda)$ に置換えばよい。

【0008】光源の分光エネルギー分布 $P(\lambda)$ 、複写感材の分光感度分布 $S_s(\lambda)$ は予め測定することによって求められるから、フィルムによって異なるフィルムの分光透過率分布 $\rho(\lambda)$ を推定すれば、上記(1)式から複写感材の分光感度分布と等しい分光感度分布の測光装置で測光した濃度を求めることができる。

【0009】この方法によれば、上記従来技術のように回折格子や多数個の干渉フィルタを用いる必要がないため、測光装置を小型かつ低コストで製造することができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記マイクロコンピュータの演算による方法では、フィルムの分光透過率分布を正確に推定する方法が確立されておらず、複写感材の分光感度分布と等しい分光感度分布の測光装置で測光した測光値を演算によって精度よく求めることができない、という問題があった。

【0011】本発明は上記問題点を解決すべくなされたもので、少ない測光値によってフィルムの分光透過率分布等の分光分布を精度よく推定することができる、フィルムの分光分布推定方法を提供することを目的とする。

* 様の問題がある。

【0005】一方、測光に使用する光源のエネルギー分布、測光装置の分光感度分布等を予め求めておき、マイクロコンピュータによる演算によって複写感材の分光感度分布と等しい分光感度分布を有する測光装置で測光したときと同等の測光値を得る次のような方法も考えられている。

【0006】すなわち、測光に使用する光源の分光エネルギー分布を $P(\lambda)$ 、測光装置の分光感度分布を $S(\lambda)$ 、フィルム上の現像銀あるいは発色色素の分光透過率分布を $\rho(\lambda)$ とすると、波長域 $s \sim l$ の測光装置で測光した濃度 D は次の(1)式で表される。

【0007】

【数1】

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1の発明は、多数サンプルフィルムの分光分布を分析して複数の主成分分光分布を予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なりかつ前記複数の主成分分光分布と同数以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記複数の主成分分光分布とに基づいて推定対象フィルムの分光分布を該複数の主成分分光分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記複数の主成分分光分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光分布を推定する。

【0013】請求項2の発明は、同一フィルム種類の多数サンプルフィルムの分光透過濃度分布を分析して3個の主成分分光透過濃度分布を予め求め、サンプルフィルムと同一フィルム種類の推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なる3個以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記3個の主成分分光透過濃度分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過濃度分布を該3個の主成分分光透過濃度分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記3個の主成分分光透過濃度分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過濃度分布を推定する。

【0014】請求項3の発明は、多数サンプルフィルム

の分光透過濃度分布を分析して3個の主成分分光透過濃度分布をフィルムの種類毎に予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なる3個以上の波長または波長帯に分光して測定すると共に推定対象フィルムの種類を判別し、各波長または波長帯の測定値と判別された推定対象フィルムの種類に対応する前記3個の主成分分光透過濃度分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過濃度分布を該3個の主成分分光透過濃度分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて判別された推定対象フィルムの種類に対応する前記3個の主成分分光透過濃度分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過濃度分布を推定する。

【0015】請求項4の発明は、複数フィルム種類の多数サンプルフィルムの分光透過率分布を分析して4個以上の主成分分光透過率分布を予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なりかつ前記主成分分光透過率分布と同数以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記4個以上の主成分分光透過率分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過率分布を該4個以上の主成分分光透過率分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記4個以上の主成分分光透過率分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過率分布を推定す*

$$\rho(\lambda) = a_1 \cdot e_1(\lambda) + a_2 \cdot e_2(\lambda) + a_3 \cdot e_3(\lambda) + \dots + a_N \cdot e_N(\lambda) \quad \dots (2)$$

このN個の主成分分光透過率分布 $e_1(\lambda)$ 、 $e_2(\lambda)$ 、 $e_3(\lambda)$ 、 \dots 、 $e_N(\lambda)$ は1種または複数種（例えば、10種）のカラーネガフィルムに対して各々多数色（例えば72色）のカラーサンプルをM枚用意し、分光計の測定結果を分析することにより求めたものである。すなわち、各サンプルを、例えば、400nm～760nmまで5nm～10nm間隔で各波長毎に※

$$\rho_1 = (\rho_{11}, \rho_{21}, \rho_{31}, \dots, \rho_{N1})$$

$$\rho_2 = (\rho_{12}, \rho_{22}, \rho_{32}, \dots, \rho_{N2})$$

$$\rho_N = (\rho_{1N}, \rho_{2N}, \rho_{3N}, \dots, \rho_{NN}) \quad \dots (3)$$

(3) 式を主成分分析して主軸ベクトル e_i (ただし、 $i=1, 2, \dots, N$) を求める。この求め方は、まず(4) 式の相関行列 Σ を求め、 Σ について固有値と固有

＊る。

【0016】そして、請求項5の発明は、複数フィルム種類の多数サンプルフィルムの分光透過濃度分布を分析して4個以上の主成分分光透過濃度分布を予め求め、推定対象フィルムからの透過光を各々帯域が異なりかつ前記主成分分光透過濃度分布と同数以上の波長または波長帯に分光して測定し、各波長または波長帯の測定値と前記4個以上の主成分分光透過濃度分布とに基づいて推定対象フィルムの分光透過濃度分布を該4個以上の主成分分光透過濃度分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて前記4個以上の主成分分光透過濃度分布の線形和を求めることによって推定対象フィルムの分光透過濃度分布を推定する。

【0017】

【作用】次に本発明の原理について説明する。

【0018】フィルムの分光透過率分布 $\rho(\lambda)$ が第1～第NのN個の主成分分光透過率分布 $e_1(\lambda)$ 、 $e_2(\lambda)$ 、 $e_3(\lambda)$ 、 \dots 、 $e_N(\lambda)$ の全部を用いなくとも、そのうちの第1～第kのk個の主成分分光透過率分布の線形和で推定できると仮定すると、この分光透過率分布 $\rho(\lambda)$ は(2) 式で表すことができる。

【0019】

【数2】

※測定した分光透過率を各々(3) 式のように $\rho_1 \sim \rho_N$ とする。10nm間隔の場合 $N=36$ である。なお、(3) 式の ρ_{11} 、 ρ_{12} 、 \dots 、 ρ_{N1} 等は例えば10nm間隔で測定された分光透過率を示す。

【0020】

【数3】

ベクトルとを求める。

【0021】

【数4】

$$\Sigma = \frac{1}{M} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^M \rho_{11}^2 & \sum_{i=1}^M \rho_{11} \rho_{21} & \cdots & \sum_{i=1}^M \rho_{11} \rho_{n1} \\ \sum_{i=1}^M \rho_{21} \rho_{11} & \sum_{i=1}^M \rho_{21}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^M \rho_{21} \rho_{n1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^M \rho_{n1} \rho_{11} & \sum_{i=1}^M \rho_{n1} \rho_{21} & \cdots & \sum_{i=1}^M \rho_{n1}^2 \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

行列 Σ は対称行列であるから固有値は0以上となり固有値の大きなものから $U_1^2, U_2^2, U_3^2, \dots, U_n^2$ とし、それぞれに対応する固有ベクトルを正規化して $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ とする。

【0022】行列 e を $e = [e_1, e_2, e_3, \dots, e_n]$ とすると、

【0023】

【数5】

$$e^T \Sigma e = \begin{bmatrix} U_1^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & U_2^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & U_n^2 \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

(ただし、 T は転置行列)

となり、対称化される。ここで、ベクトル e_i を $e_i(\lambda)$ と表記すれば、カラーサンプルの分光透過率分布 $\rho(\lambda)$ は、

* 【0024】

【数6】

$$\rho(\lambda) = \sum_{i=1}^n b_i e_i(\lambda) \quad \dots (6)$$

と表すことができる。(6)式において第 k 項までの和をとったものが(2)式に対応する。従って、(2)式の係数 a_1, a_2, \dots, a_k を決定すればフィルムの分光透過率分布 $\rho(\lambda)$ を推定できることになる。また、濃度は透過率の対数であるから分光透過濃度分布も求めることができる。

【0025】次に係数 a_1, a_2, \dots, a_k を決定する方法について述べる。光源の分光エネルギー分布を $P(\lambda)$ 、 k 個のセンサの分光感度分布を $S_1(\lambda), S_2(\lambda), \dots, S_k(\lambda)$ として、フィルムの分光透過率分布 $\rho(\lambda)$ を主成分分光透過率分布 $e_1(\lambda), e_2(\lambda), \dots, e_k(\lambda)$ の線形和で表すと各センサ出力、すなわち測光値は次のようになる。

【0026】

* 【数7】

$$\begin{aligned} \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda &= a_1 \int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \\ &+ a_2 \int P(\lambda) \cdot e_2(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \\ &\dots \dots \dots \\ &+ a_k \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \\ \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda &= a_1 \int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda \\ &+ a_2 \int P(\lambda) \cdot e_2(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda \\ &\dots \dots \dots \\ &+ a_k \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda \\ \vdots &\vdots \\ \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda &= a_1 \int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda \\ &+ a_2 \int P(\lambda) \cdot e_2(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda \\ &\dots \dots \dots \\ &+ a_k \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad \dots (7)$$

ここで、測光値

$$50 \quad \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda, \int P(\lambda) \cdot$$

(6)

特開平4-310942

9

10

$\rho(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda, \dots \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda$ を各々 e_{11}, \dots, e_{k1} と e_{12}, \dots, e_{k2} として行列で表すと、
 し、 $\int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda, \dots \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda, \dots \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda$ と e_{11}, \dots, e_{k1} として行列で表すと、
 【0027】
 【数8】

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{21} & \dots & e_{k1} \\ e_{12} & e_{22} & \dots & e_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{1k} & e_{2k} & \dots & e_{kk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} = e_k \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

【0028】

【数9】

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{21} & \dots & e_{k1} \\ e_{12} & e_{22} & \dots & e_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{1k} & e_{2k} & \dots & e_{kk} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_k \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

となり、 a_1, a_2, \dots, a_k が求められたことになる。そしてこの値を(2)式に代入することによりフィルムの分光透過率分布 $\rho(\lambda)$ が推定されることになる。また、この分光透過率分布から分光透過濃度分布や分光透過度分布を推定することができる。

【0029】上記では、所定幅の感光分布をもったセンサで測光した例について説明したが、センサの感度分布※

※がナローバンドの場合には、各波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ 毎に測光することになる。この場合の(7)式に対応する式は(10)式のようになり、また(9)式に対応する式は(11)式のようになる。

【0030】

【数10】

$$\begin{aligned} (\lambda_1) &= a_1 \cdot e_1(\lambda_1) + a_2 \cdot e_2(\lambda_1) + \dots + a_k \cdot e_k(\lambda_1) \\ (\lambda_2) &= a_1 \cdot e_1(\lambda_2) + a_2 \cdot e_2(\lambda_2) + \dots + a_k \cdot e_k(\lambda_2) \\ &\vdots \\ (\lambda_k) &= a_1 \cdot e_1(\lambda_k) + a_2 \cdot e_2(\lambda_k) + \dots + a_k \cdot e_k(\lambda_k) \end{aligned} \quad \dots (10)$$

【0031】

【数11】

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} e_1(\lambda_1), e_2(\lambda_1), \dots, e_k(\lambda_1) \\ e_1(\lambda_2), e_2(\lambda_2), \dots, e_k(\lambda_2) \\ \vdots \\ e_1(\lambda_k), e_2(\lambda_k), \dots, e_k(\lambda_k) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \rho(\lambda_1) \\ \rho(\lambda_2) \\ \vdots \\ \rho(\lambda_k) \end{bmatrix} \quad \dots (11)$$

上記では主成分分光透過率分布を用いたが、1種または複数種（例えば、10種）のサンプルフィルムの分光透過濃度分布を分析して第1～第kの求めた主成分分光透過濃度分布を用いて次のようにして分光透過濃度分布を推定することもできる。

【0032】まず、分光透過濃度分布 $D(\lambda)$ を、主成分分光透過濃度分布 $e_j(\lambda)$ ($j=1, 2, \dots, k$)の線形和で表わすと次のようになる。

$$q_i = \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_i(\lambda) d(\lambda) \quad \dots (13)$$

透過率と濃度との間には $D(\lambda) = -\log \rho(\lambda)$ の関係があるから、(13)式を $D(\lambda)$ を用いて表すと次のようになる。

$$q_i = \int P(\lambda) \cdot 10^{-D(\lambda)} \cdot S_i(\lambda) d(\lambda) \quad \dots (14)$$

$$\text{すなわち、} q_i = \int P(\lambda) \cdot 10^{-\sum_{j=1}^k a_j e_j(\lambda)} \cdot S_i(\lambda) d\lambda \quad \dots (14)$$

(14)式を非線型最適化法（例えば、ニュートン・ラフソン法）を利用して解くことにより係数 a_j を求めることができ、この係数 a_j と主成分分光透過濃度分布 $e_j(\lambda)$ とを用いれば(12)式から分光透過濃度分布を推定することができる。また、この分光透過濃度分布から分光透過率分布等を推定することができる。

$$q_i = P(\lambda_0) \cdot 10^{-\sum_{j=1}^k a_j e_j(\lambda_0)} \cdot S_i(\lambda_0) \quad \dots (15)$$

ところで、上記のように測光値と主成分分光透過率分布または主成分分光透過濃度分布との個数を同一にして上記(9)式や(14)式を用いてコンピュータによって

*【0033】

20 【数12】

$$D(\lambda) = \sum_{j=1}^k a_j e_j(\lambda) \quad \dots (12)$$

一方、測光値 q_i ($i=1, 2, \dots, k$)は次のように表わされる。

【0034】

*【数13】

※【0035】

【数14】

★【0036】センサの感度分布がナローバンドの場合、

例えば特定波長 λ_0 の一点の場合には、(14)式は次のようになるから a_j の解を求め易くなる。

40 【0037】

【数15】

係数 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_k$ の解を求める場合に、解が求めにくい場合がある。この場合にはセンサによる測光値の個数を1～数個増加させて以下に説明する

ように演算すればよい。測光値の増加させる個数をあまり多くすると従来と同様に多数個の干渉フィルタを用いる必要等が発生するため、増加させる個数は1または2個が好ましい。以下では、主成分分光透過率分布を用いて分光透過率分布を推定する例において測光値を1個増加させた場合を例にとって説明するが、2以上増加させ*

*る場合、主成分分光透過濃度分布を用いる場合も同様である。増加させた測光値を q_{k+1} とすると、(8)式は次のようになる。

【0038】

【数16】

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_k \\ q_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{21} & \cdots & e_{n1} \\ e_{12} & e_{22} & \cdots & e_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{1k} & e_{2k} & \cdots & e_{nk} \\ e_{1k+1} & e_{2k+1} & \cdots & e_{nk+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \\ a_{k+1} \end{bmatrix} \quad \cdots (16)$$

(16)式を次のように表す。

【0039】

【数17】

$$[q] = [e] [a] \quad \cdots (17) \quad 20 \quad \text{【0040】}$$

(17)式の両辺に $[e]^T$ の転置行列 $[e]^T$ を乗算す*

※ると、 $[e]^T [e]$ は正方行列になるので、これを $[E]$ とおくと、(17)式から $[a]$ は次のように表すことができる。

【数18】

$$[e]^T [q] = [e]^T [e] [a]$$

$$= [E] [a]$$

$$\text{すなわち、} [a] = [E]^{-1} [e]^T [q] \quad \cdots (18)$$

従って、多数サンプルフィルムの分光透過率分布や分光透過濃度分布等の分光分布を分析して複数の主成分分光分布（主成分分光透過率分布や主成分分光透過濃度分布等）を予め求め、推定対象フィルムを主成分分光分布と同数以上の波長または波長帯に分光して測光し、測光値と複数の主成分分光分布とに基づいて推定対象フィルムの分光分布をこの複数の主成分分光分布の線形和で表すための係数を求め、求められた係数を用いて複数の主成分分光分布の線形和を求めることにより推定対象フィルムの分光分布を推定することができる。

【0041】主成分分光分布の個数は、サンプルフィルムの個数とも関連するが3~10程度であれば実用上十分な精度で分光分布を推定することができる。従って推定対象フィルムからの透過光を分光して測光する個数は、3~10程度以上で最大でも15程度であるから、少ない測光値によってフィルムの分光分布を精度よく推定することができる。

【0042】本発明者が1種のネガフィルムの分光透過濃度分布を分析して求めた主成分分光透過濃度分布の個数と実測値に対する推定値のスペクトル残差との関係、及び10種のネガフィルムの分光透過濃度分布を分析して求めた主成分分光透過濃度分布の個数とスペクトル残差との関係を調べたところ図2(1)の結果が得られた。図2(1)から理解されるように第1主成分分光透過濃度分布から第3主成分分光透過濃度分布の3つの主

成分分光透過濃度分布を用いる場合には、1種のネガフィルムについてスペクトル残差が小さく良い結果が得られている。従って、主成分分光透過濃度分布を求めたネガフィルムと同一種類のネガフィルムに対しては、最低3個の主成分分光透過濃度分布を用いれば分光透過濃度分布を求めることができる。

【0043】また、3個の主成分分光透過濃度分布をフィルムの種類毎に予め求めておき、フィルムの種類を判別し、種類を判別したフィルム毎にそのフィルムに対応する3個の主成分分光透過濃度分布を用いて分光透過濃度分布を推定すれば、全ての種類のフィルムに対して分光透過濃度分布を推定することができる。

【0044】一方、10種類のネガフィルムから求めた主成分分光透過濃度分布の第1~第4の4個の主成分分光透過濃度分布を用いれば、スペクトル残差が1種のネガフィルムについて3個の主成分分光透過濃度分布を用いた場合と略同一になる。従って、複数のネガフィルムに対しては最低4個の主成分分光透過濃度分布を用いればフィルム種を特定することなく分光透過濃度分布を求めることができる。

【0045】図2(2)には、1種のネガフィルムの分光透過率分布を分析して求めた主成分分光透過率分布の個数とスペクトル残差との関係、及び10種のネガフィルムの分光透過率分布を分析して求めた主成分分光透過率分布の個数とスペクトル残差の関係が示されている。

図から理解されるように第1～第4の4個の主成分分光透過率分布を用いれば、比較的小さなスペクトル残差で分光透過率分布を推定することができる。この場合には、フィルム種を特定した方が推定精度がよいので、4または5個の主成分分光透過率分布を用いる場合にはフィルム種を特定した方が好ましい。

【0046】また、8項までの和

$$\rho(\lambda) = a_1 \cdot e_1(\lambda) + a_2 \cdot e_2(\lambda) + \dots + a_8 \cdot e_8(\lambda)$$

を用いれば、すなわち第1～第8の8個の主成分分光透過率分布を用いれば、フィルムの種類を判別することなく全ての種類のフィルムに対して濃度0.03程度の誤差でフィルムの分光透過率分布を推定することができることが確認されている。

【0047】なお、フィルムの種類を判別することなく複数種類のフィルムの分光透過率分布を推定するときの主成分分光透過率分布の最小値は4個である。これは、主成分分光透過率分布を3個にすると、上記で説明したように推定精度が悪くなる。また、9個以上とすると推定精度が向上するものの8個の場合と大きな差異がない。現在の全てのカラーフィルムと将来の未知のフィルム出現を考慮したとしても最大で15程度である。

【0048】

【実施例】以下本発明のフィルムの分光分布推定方法を写真焼付け方法に適用した実施例について説明する。

【0049】図3は、この焼付け方法によって写真を焼付ける自動プリンタの概略図を示したものである。ネガキャリア21に装填されて焼付部に搬送されたカラーネガフィルム20の下方にはミラーボックス18およびハロゲンランプを備えたランプハウス10が配列されている。ミラーボックス18とランプハウス10の間には、調光フィルタ60が配置されている。調光フィルタ60は、周知のようにY（イエロ）フィルタ、M（マゼンタ）フィルタおよびC（シアン）フィルタの3つのフィルタで構成されている。

【0050】ネガフィルタ20の上方には、レンズ22、ブラックシャッタ24およびカラーペーパー26が順に配置されており、ランプハウス10から照射されて調光フィルタ60、ミラーボックス18およびネガフィルム20を透過した光線がレンズ22によってカラーペーパー26上に結像するように構成されている。

【0051】カラーネガフィルム20の側縁部にはカラーネガフィルムの種類を表すDXコードが記録されると共に、ノッチが穿設されている。このDXコードやノッチを検出するために、ネガフィルム20の側縁を挟むように発光素子と受光素子とで構成された検出器52が配置されている。

【0052】上記の結像光学系の光軸に対して傾斜した方向でかつネガフィルム20の画像濃度を測光可能な位置に測光器28が配置されている。この測光器28は、中

心波長が $450 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $550 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $700 \pm 5 \text{ nm}$ で半値幅が各々 $15 \sim 50 \text{ nm}$ の3つのフィルタと2次元イメージセンサとで構成されている。この測光器28によって、カラーネガフィルムから透過した光を3つの波長帯に分光して測定することができる。

【0053】測光器28は、測光器28で測光された画像データを記憶する画像データメモリ30を介してマイクロコンピュータで構成された露光量決定装置32に接続されている。露光量決定装置32は、入出力ポート34、中央処理装置（CPU）36、リードオンリメモリ（ROM）38、ランダムアクセスメモリ（RAM）40およびこれらを接続するデータバスやコントロールバス等で構成されたバス42を備えている。このROM38には、以下で説明する露光量制御ルーチンのプログラムや図4に示す波長に対する透過濃度で表した3つの主成分分光透過濃度分布（濃度1.0で規格化） $e_1(\lambda)$ 、 $e_2(\lambda)$ 、 $e_3(\lambda)$ がフィルム種毎に記憶されている。なお、図4では1種のフィルムに対する主成分分光透過濃度分布を示したが、他の種類のフィルムについても略同様である。また、このROM38には、ランプハウス10内のハロゲンランプの分光エネルギー分布、使用するペーパーの分光感度分布、上記3つのフィルタの透過波長域に対応する測光器の3つの分光感度分布等が予め記憶されている。露光量決定装置32は、画像データメモリ30の書込みおよび読出しタイミングを制御するように画像データメモリ30に接続されるとともに、測光器28を駆動するように接続されている。また、入出力ポート34は駆動回路48を介してネガキャリア21に接続されるとともに駆動回路50を介して調光フィルタ60、駆動回路54を介してブラックシャッタ24に接続されている。また、入出力ポート34には、キーボード44、検出器52およびCRT46が接続されている。

【0054】次に露光量決定装置32のROM38に予め記憶された露光量制御ルーチンを図1を参照して説明する。ネガキャリア21にネガフィルム20が装填されてスタートスイッチがオンされるとステップ100において駆動回路48によってネガキャリア21が駆動されることによりネガフィルム20の搬送が行われる。ネガフィルム20が搬送されている間に検出器52によってDXコードが読取られると共にノッチが検出される。次のステップ102では、検出器52によってノッチが検出されたか否かを判断し、ノッチが検出されたと判断されたときには、ステップ104においてネガフィルム20の搬送を停止することにより露光量を焼付露光位置に停止させる。ステップ106では、測光器28を駆動してネガフィルム20の透過濃度を測光する。測光器28は3つのフィルタを備えているため、ネガフィルムの透過濃度が3つの波長帯に分光されて測光されることにな

17

【0055】次のステップ108では、読取られたDXコードによってフィルム種を判別し、判別されたフィルム種に対応する3つの主成分分光透過濃度分布をROMから読出し、ステップ110において上記で説明したように測光器28による測光値、ROMに記憶されている主成分分光透過濃度分布、ハロゲンランプの分光エネルギー分布、測光器の分光感度分布を用いてネガフィルム20の分光透過濃度分布を推定する。なお、このようにして推定した値は、図5に示すように、実測値と高い精度で一致している。図5は、A、B、C、D4種の画像について実測値と推定値とをプロットしたものであり、440nm付近、620nm付近、720nm付近で許容できる誤差が発生しているが他の部分ではほとんど一致している。

【0056】ステップ112では、ステップ11で推定された分光透過分布、ハロゲンランプの分光エネルギー分布、ペーパーの分光感度分布を用いてペーパーの分光感度分布と同一の分光感度分布を有する測光器で測光したのと同等の透過濃度を(1)式と同様の式で演算する。

【0057】なお、ペーパーを変更する場合には、予めROMに複数種のペーパーの分光感度分布を記憶しておいてキーボードによって使用するペーパーの分光感度分布を選択してもよく、またフロッピーディスク等の外部メモリに記憶した必要なペーパーの分光感度分布をRAMに読込むようにしてもよい。また、ランプを交換したときにはランプの分光エネルギー分布を変更するようにしてもよい。そのために、ランプの分光エネルギー分布を直接またはフィルタを通して測光器28で測光してメモリするようにしても、専用のランプ監視センサを用いてランプの分光エネルギー分布を常に修正して用いるようにしてもよい。

【0058】そして、ステップ114で演算した透過濃度に基づいて露光量を演算し、ステップ116においてこの露光量に基づいて調光フィルタ60を制御して露光量制御を行う。ステップ118で全露の焼付が終了したか否か判断し、終了していないときはステップ100に戻って上記のステップを繰返し、終了しているときはこのルーチンを終了する。

【0059】なお、上記では、フィルム種毎に3つの主成分分光透過濃度分布を記憶したが、特定フィルム種の3つの主成分分光透過濃度分布のみ記憶し、複数種のフィルムから、この特定フィルム種のみ分類しておいて、フィルム種を判別することなく特定フィルム種の分光透過濃度分布を推定するようにしてもよい。

【0060】また、図6、図7、図8に示した主成分分光透過濃度分布(濃度1.0で規格化) $e_1(\lambda) \sim e_3(\lambda)$ をROMに記憶してフィルム種を判別することなく分光分布を推定してもよい。

【0061】更に、図9～図11に示した1種類のネガ

18

フィルムから求めた主成分分光透過率分布(透過率100%で規格化) $e_1(\lambda) \sim e_3(\lambda)$ をフィルム種毎にROMに記憶してフィルム種を判別して分光分布を推定してもよい。

【0062】また、図12～図14に示した複数種のフィルムから求めた主成分分光透過率分布(透過率100%で規格化) $e_1(\lambda) \sim e_3(\lambda)$ をROMに記憶してフィルム種を判別することなく分光分布を推定してもよい。

10 【0063】8個の主成分分光透過濃度分布または主成分分光透過率分布を用いる場合には、例えば中心波長が $440 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $480 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $520 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $560 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $600 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $640 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $680 \pm 5 \text{ nm}$ 、 $720 \pm 5 \text{ nm}$ で半値幅が各々15～50nmの8つのフィルタと2次元イメージセンサとで構成された測光器を用いて測光すればよい。

20 【0064】更にまた、焼付対象フィルムの画像濃度を求めるのに際し、(1)式において光源の分光エネルギー分布 $P(\lambda)$ が波長に対しほぼ一定(例えば、光源にキセノンアーク灯を用いたり、色フィルタで分光エネルギー分布を補正した場合等)で定数とみなせる場合や複写感材の分光感度分布 $S_p(\lambda)$ が狭い分布形のため、実用上光源の分光エネルギー分布 $P(\lambda)$ を考慮しなくても、大差ない場合、プリンタ光源における主成分分光分布を用いた場合等、推定したフィルムの分光分布と複写感材の分光感度分布とを用いてフィルム画像濃度を求めるようにしてもよい。

30 【0065】更に推定した分光分布から複写感材の分光感度分布を用いて焼付対象フィルムの画像について演算し、露光量の決定に用いる透過濃度は透過率であってもよい。両者は簡単に変換可能であることから、透過率を求めるようにしても、本発明に含まれるものである。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、フィルムを透過した光を分光する個数を多くすることなく、一種類または複数種類のフィルムの分光分布を精度よく推定することができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明の一実施例の露光量制御ルーチンを示す流れ図である。

【図2】(1)、(2)は固有ベクトルの個数とスペクトル残差との関係を示す線図である。

【図3】本発明を適用した自動プリンタの概略図である。

【図4】1種のネガフィルムの第1～第3の主成分分光透過濃度分布を示す線図である。

【図5】推定された分光透過濃度分布と実測された分光透過濃度分布とを比較して示す線図である。

50 【図6】複数ネガフィルムの第1～第3主成分分光透過濃度分布を示す線図である。

19

【図7】複数ネガフィルムの第4～第6主成分分光透過率分布を示す線図である。

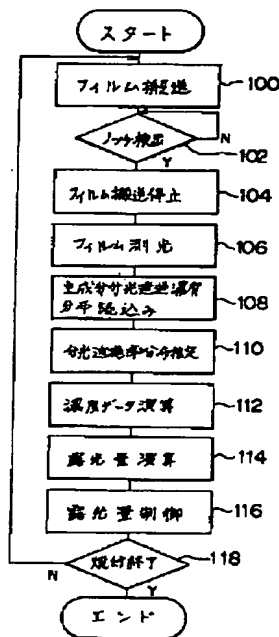
【図8】複数ネガフィルムの第7、第8主成分分光透過率分布を示す線図である。

【図9】1種のネガフィルムの第1～第3主成分分光透過率分布を示す線図である。

【図10】1種のネガフィルムの第4～第6主成分分光透過率分布を示す線図である。

【図11】1種のネガフィルムの第7、第8主成分分光透過率分布を示す線図である。

【図1】



20

【図12】複数ネガフィルムの第1～第3主成分分光透過率分布を示す線図である。

【図13】複数ネガフィルムの第4～第6主成分分光透過率分布を示す線図である。

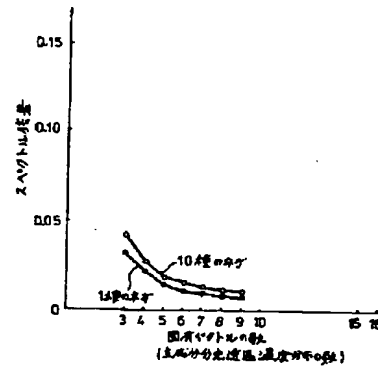
【図14】複数ネガフィルムの第7、第8主成分分光透過率分布を示す線図である。

【符号の説明】

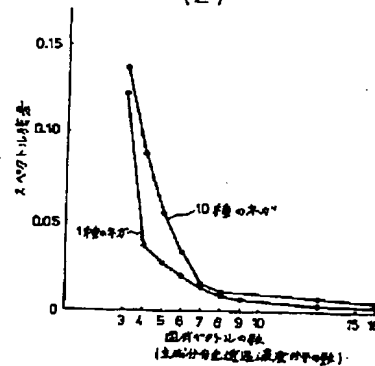
20 フィルム
26 ペーパー
10 28 測光器

【図2】

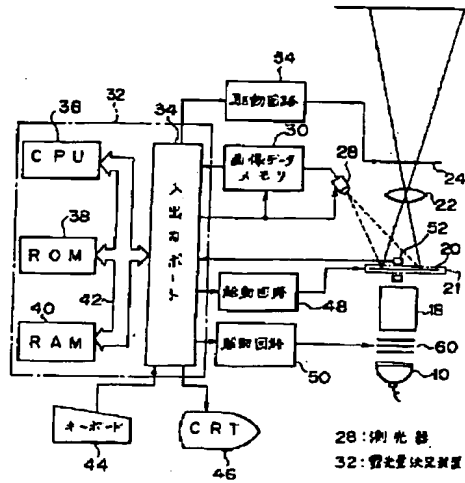
(1)



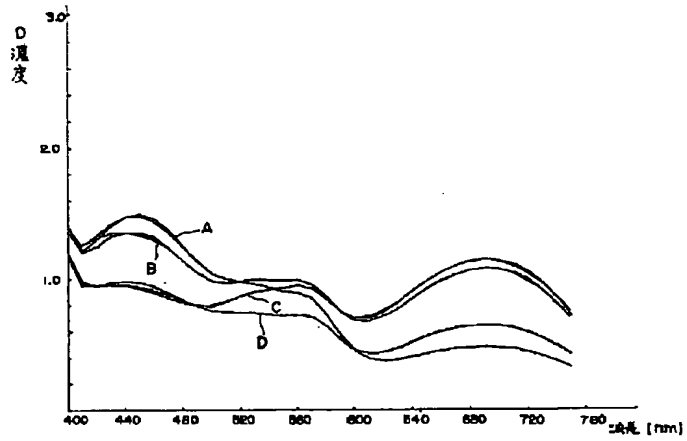
(2)



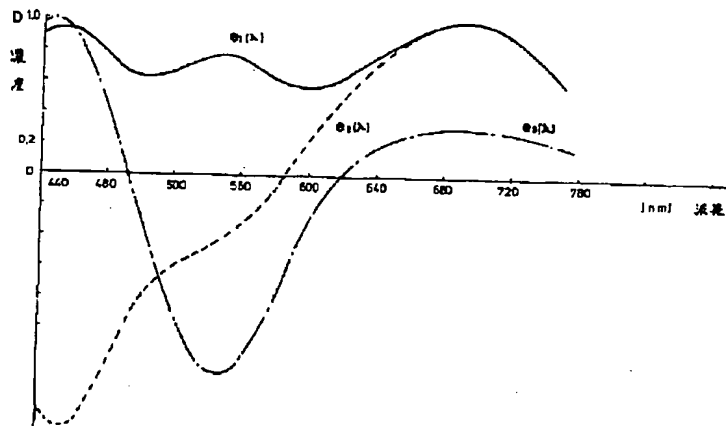
【図3】



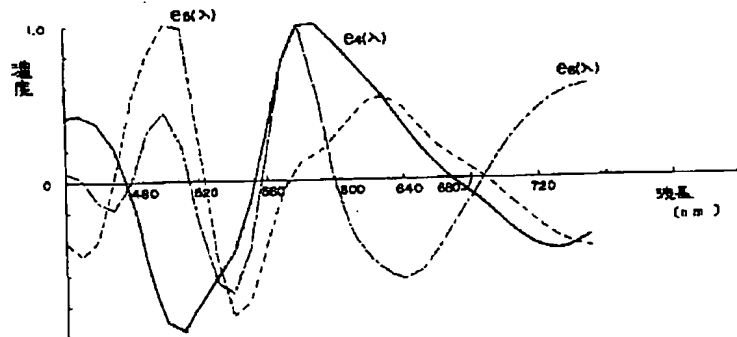
【図5】



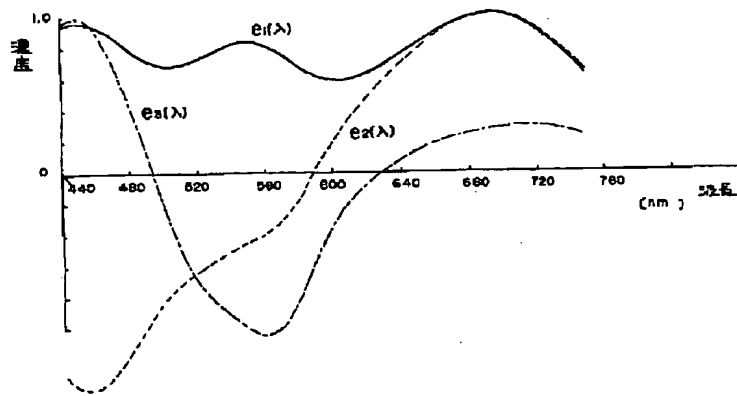
【図4】



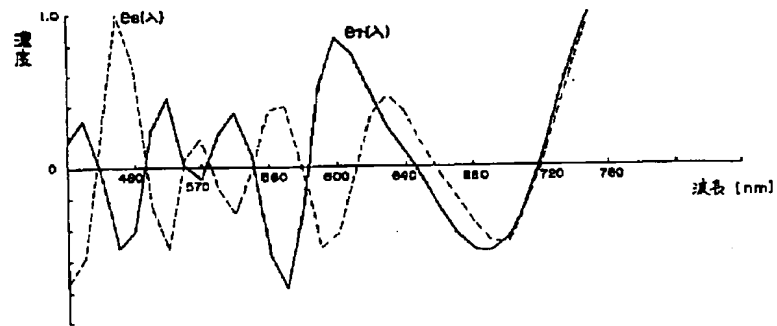
【図7】



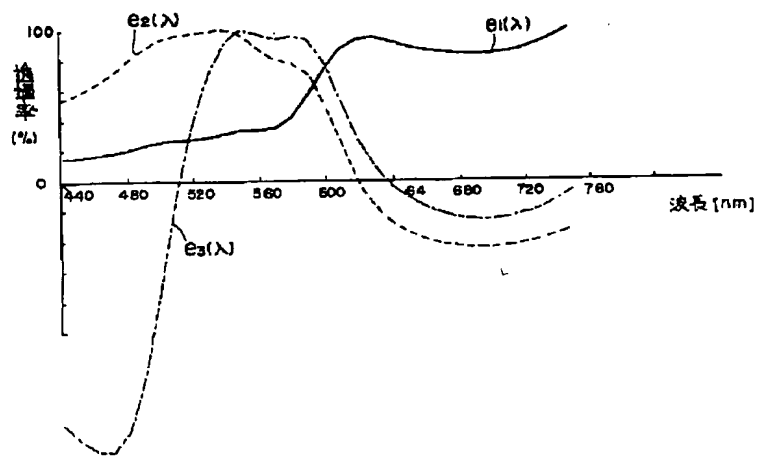
【図6】



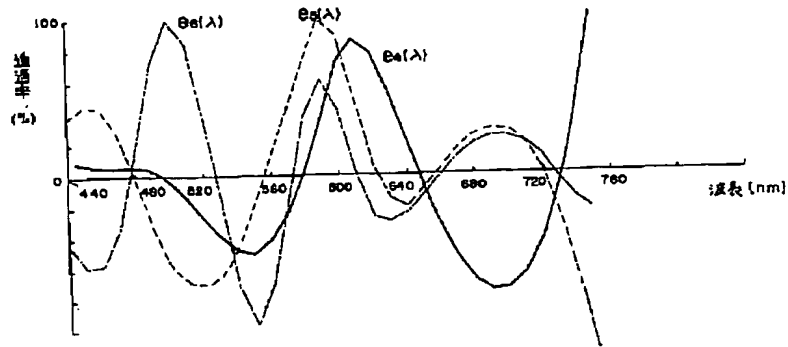
【図8】



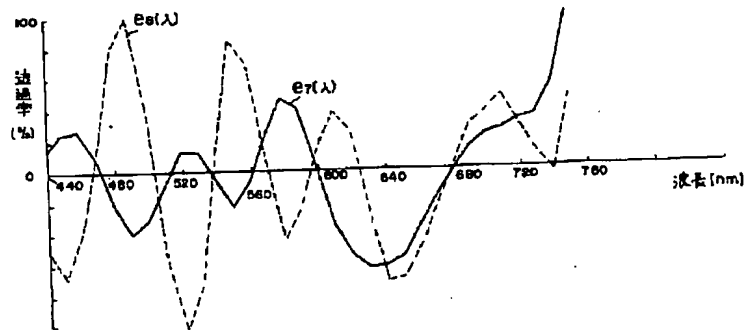
【図9】



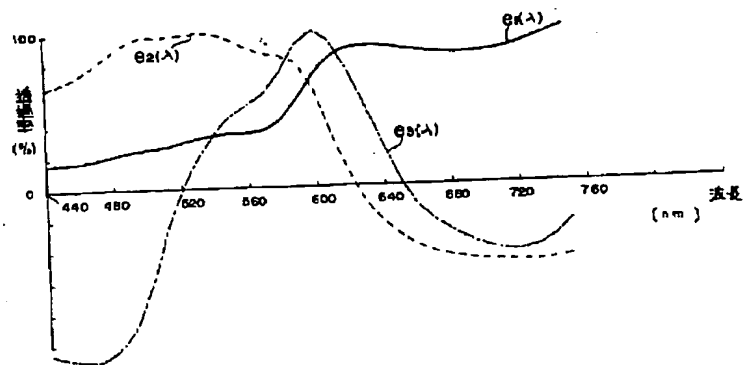
【図10】



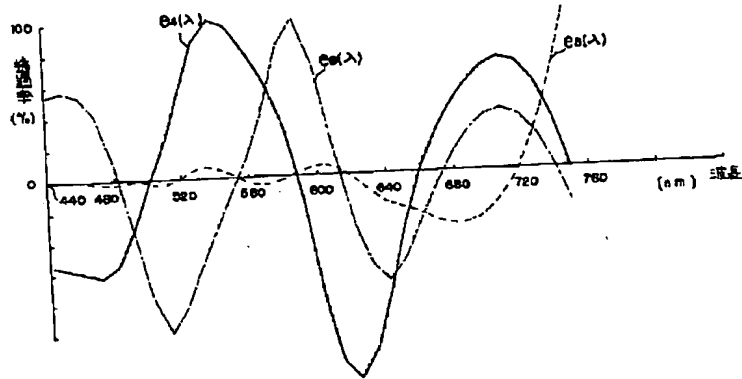
【図11】



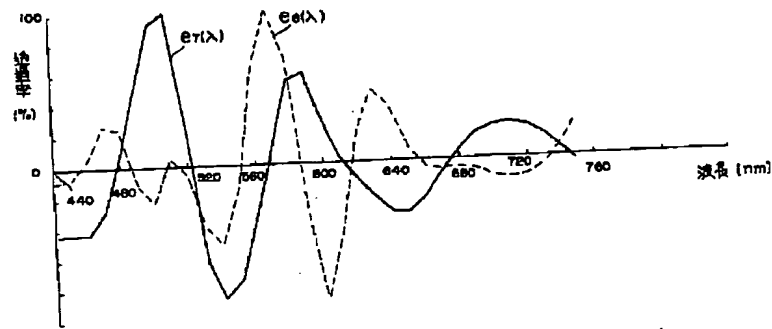
【図12】



【図13】



【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成3年5月22日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】

【数7】

$$\begin{aligned}
 & \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \\
 &= a_1 \int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \\
 &+ a_2 \int P(\lambda) \cdot e_2(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \\
 &\dots \dots \dots \\
 &+ a_k \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \\
 \\
 & \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda \\
 &= a_1 \int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda \\
 &+ a_2 \int P(\lambda) \cdot e_2(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda \\
 &\dots \dots \dots \\
 &+ a_k \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda \\
 \\
 & \vdots \\
 & \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda \\
 &= a_1 \int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda \\
 &+ a_2 \int P(\lambda) \cdot e_2(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda \\
 &\dots \dots \dots \\
 &+ a_k \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda \\
 &\dots (7)
 \end{aligned}$$

ここで、測光値

$\int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda$, $\int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_2(\lambda) d\lambda$, $\dots \dots \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda$ を各々 q_1 , q_2 , $\dots \dots q_k$ とし, $\int P(\lambda) \cdot e_1(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda$, $\int P(\lambda) \cdot e_2(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda$, $\dots \dots \int P(\lambda) \cdot e_k(\lambda) \cdot S_k(\lambda) d\lambda$ を各々 e_{11} , e_{21} , $\dots \dots e_{k1}$ として行列で表すと,

*【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0030
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【0030】
 【数10】

$$\begin{aligned}
 \rho(\lambda_1) &= a_1 \cdot e_{11}(\lambda_1) + a_2 \cdot e_{21}(\lambda_1) + \dots + a_k \cdot e_{k1}(\lambda_1) \\
 \rho(\lambda_2) &= a_1 \cdot e_{12}(\lambda_2) + a_2 \cdot e_{22}(\lambda_2) + \dots + a_k \cdot e_{k2}(\lambda_2) \\
 &\vdots \\
 \rho(\lambda_k) &= a_1 \cdot e_{1k}(\lambda_k) + a_2 \cdot e_{2k}(\lambda_k) + \dots + a_k \cdot e_{kk}(\lambda_k) \\
 &\dots (10)
 \end{aligned}$$

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0034
 【補正方法】変更

※【補正内容】

【0034】
 【数13】

$$q_1 = \int P(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot S_1(\lambda) d\lambda \dots (13)$$

透過率と濃度との間には $D(\lambda) = -\log \rho(\lambda)$ の関係があるから、(13)式を $D(\lambda)$ を用いて表すと次のようになる。

【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0035
 【補正方法】変更
 【補正内容】

【手続補正4】

【0035】

【数14】

$$q_i = \int P(\lambda) \cdot 10^{-D(\lambda)} \cdot S_i(\lambda) d\lambda$$

$$\text{すなわち、} q_i = \int P(\lambda) \cdot 10^{-\sum_{j=1}^n a_j e^{-e_j(\lambda)}} \cdot S_i(\lambda) d\lambda \quad \dots (14)$$

(14) 式を非線型最適化法（例えば、ニュートン・ラフソン法）を利用して解くことにより係数 a_j を求めることができ、この係数 a_j と主成分分光透過濃度分布 $e_j(\lambda)$ とを用いれば(12)式から分光透過濃度分布を推定することができる。また、この分光透過濃度分布から分光透過率分布等を推定することができる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正内容】

【0056】 ステップ112では、ステップ110で推定された分光透過濃度分布、ハロゲンランプの分光エネルギー分布、ペーパーの分光感度分布を用いてペーパーの分光感度分布と同一の分光感度分布を有する測光器で測光したのと同等の透過濃度を(1)式と同様の式で演算する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】

